



Jahrbuch 2022

Herausgegeben vom
Vorstand der Marburger Geographischen Gesellschaft e. V.
in Verbindung mit dem Dekanat des Fachbereichs Geographie
der Philipps-Universität Marburg

Sonderdruck

Der Inhalt dieses Sonderdrucks oder Teile davon dürfen nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Herausgeber vervielfältigt, in Datenbanken gespeichert oder in irgendeiner Form übertragen werden. Sie dürfen ausschließlich zum persönlichen Gebrauch ausgedruckt oder gespeichert werden.

Marburg/Lahn 2023

Energieversorgung von Städten

In den letzten 100 Jahren hat weltweit eine rasante Urbanisierung stattgefunden. Ein Problem des Wachstums der Städte ist die Sicherstellung der Versorgung mit ausreichender Energie in Form von Strom, Wärmeenergie und Treibstoff. Hierbei ähnelt sich die Energieversorgung in den Städten seit gut 100 Jahren weltweit recht stark. Wichtige Pfeiler sind große Kraftwerke zur Stromerzeugung. Zu Beginn der Stadtentwicklung oft an den Stadträndern gelegen befinden sie sich heute oft in den Städten selbst. Von ihnen führen Stromleitungen zu den Verbrauchern. Die Mobilität wird durch Treibstoffe ermöglicht, die in großen Raffinerien in Industrieanlagen erzeugt und zu Tankstellen in den Städten befördert werden. Die Versorgung mit Wärme findet oft über Gas statt: In Regionen mit kühlen Wintern häufig über Gasnetze, in wärmeren Regionen verbreitet über den Verkauf von Gas in Flaschen, vornehmlich zur Zubereitung von Speisen und der Erwärmung von Duschwasser. In vielen Städten der gemäßigten und kühlen Regionen finden sich auch Fernwärmenetze, die von Wärmekraftwerken gespeist werden.

Energiewende

Seit gut 30 Jahren tritt immer deutlicher ins Bewusstsein, dass die Menschen durch die Freisetzung von treibhauswirksamen Gasen zur Klimaerwärmung beitragen, mit zum Teil dramatischen Auswirkungen wie z. B. großflächige Waldbrände, Trockenheit, Starkregen, Abschmelzen der Gletscher und Anstieg des Meeresspiegels.

Dass diese Entwicklungen immer dramatischere Ausmaße annehmen, ist nur dadurch aufzuhalten, dass die entsprechenden Emissionen verringert und Treibhausgasenken gestärkt werden. Da die Energieversorgung – vor allem durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern – einen sehr großen Anteil an der Freisetzung von Treibhausgasen hat, muss diese in kurzer Zeit in einer drastischen Art und Weise umgebaut werden.

Die so entstehende neue Energiewelt unterscheidet sich fundamental von der aktuellen oder alten Energiewelt und stellt die größte Veränderung des Energiesystems seit der Erfindung der Dampfmaschine vor 150 Jahren dar. Man kann über 60 Aspekte feststellen, in denen sich diese beiden Welten unterscheiden (vgl. STELZER 2021). Wichtige Unterschiede, welche die Entwicklung von Städten in Zukunft maßgeblich beeinflussen, sind u. a.:

1. Die Basis der Energieversorgung sind nicht mehr die fossilen Energieträger Kohle, Öl und Gas, sondern erneuerbare Energien (Sonne, Wind, Wasser, Geothermie, Biomasse [vor allem Rest- und Abfallstoffe] sowie Meeresenergie und Abwärme).

2. Die aktuell im Wesentlichen getrennten Sektoren Strom, Wärme und Treibstoff werden in Zukunft zusammenwachsen. Strom wird einen deutlich größeren Anteil an der Energiebereitstellung ausmachen.
3. Während in der alten Energiewelt die Kraftwerke vornehmlich konstant Strom produzieren, ist in der neuen Energiewelt die Energiebereitstellung zum großen Teil von der natürlichen Energieverfügbarkeit von Sonne und Wind abhängig.
4. Während Energiespeicher in der alten Energiewelt in Städten nur eine geringe Rolle spielen, nehmen sie in der neuen Energiewelt eine zentrale Stellung ein. Neben Strom- und Wärmespeichern in den Endkundengebäuden sind dies vor allem Speicher in Quartierenergiezentralen, die den Ausgleich der beschriebenen Stromangebots- und -nachfragespitzen managen bzw. durch eine Kombination aus Batteriestromspeicher und Systemen die Energie in chemischer Form (wie z. B. Wasserstoff, Ammoniak oder Methanol) langfristig speichern und bei Bedarf in Strom oder Wärme umwandeln können. Sie können durch Langfristwärmespeicher ergänzt werden.
5. Die Versorgung durch Großkraftwerke von Stromversorgungsunternehmen am Rande des Stadtgebietes wird zunehmend ergänzt durch dezentrale Energieerzeugungseinheiten wie Solaranlagen, Windenergieanlagen und Geothermieanlagen in der Stadt selbst.
6. Die faktische Trennung von Energieerzeugung und Energieverbrauch weicht in Zukunft oft einem fließenden Übergang von Energiekonsumenten und -produzenten (z. B. durch Solaranlagen auf Privathäusern und Gewerbebetrieben; vgl. Abb. 1).



Abb. 1: Solaranlageninstallation auf ein Bestandsgebäude (Symbolbild: © V. Stelzer)

7. Während die Energieversorgung der Städte heute oft durch den Import von Energie und Energierohstoffen aus großen Entfernungen sichergestellt wird, erfolgt sie in Zukunft oft aus dem eigenen Stadtgebiet und der näheren Umgebung. Stadt-Umland-Energiekooperationen werden in Zukunft nicht mehr die Ausnahmen, sondern die Regel sein.
8. Dies bedeutet auch, dass in den Städten der Zukunft sowohl die Belastung durch (Verkehrs)lärm, als auch gesundheitsschädliche (Verkehrs)emissionen deutlich geringer sein werden. Dies wird sich ganz wesentlich positiv auf die Gesundheit der Stadtbewohner auswirken.
9. Je nach den staatlichen und regionalen Voraussetzungen werden Wasserstoff, Ammoniak oder Ethanol eine wichtige Rolle in der Energieversorgung der Stadt der Zukunft spielen. Sicher ist, dass diese oder verwandte Stoffe in der Industrie an Bedeutung gewinnen werden. Die Verbreitung in Alltagsanwendungen wird vom Vorhandensein von großen Mengen regenerativer Energie abhängen.
10. Die Steuerung der Energieflüsse nimmt in den meisten Städten an Komplexität erheblich zu. Um diese Systeme sicher betreiben zu können, müssen sie technisch so ausgestattet werden, dass sie auch unter schwierigen Bedingungen die Energieversorgung sicherstellen.

Städte in Europa und Nordamerika

In den europäischen und nordamerikanischen Städten hat die Urbanisierung bereits einen hohen Grad erreicht. Außerdem findet nur noch ein geringes Bevölkerungswachstum oder sogar eine Bevölkerungsabnahme statt. Hier sind also die zukünftigen Siedlungsflächen weitestgehend erschlossen, ein Großteil der Gebäude und Infrastrukturen der Stadt der Zukunft sind bereits errichtet. In diesen Städten besteht demnach die Herausforderung zum einen darin, mit dem großen, älteren Gebäudebestand umzugehen, zum anderen die bestehenden Energieinfrastrukturen für die Anforderungen der neuen Energiewelt anzupassen.

Hinsichtlich der Bausubstanz besteht das Problem u. a. darin, dass alte Gebäude in der Regel relativ schlecht gedämmt sind und damit hohe Wärmebedarfe im Winter und Kältebedarfe im Sommer aufweisen; oft sind sie als Einzelgebäude oder Ensemble denkmalgeschützt und es sind keine Lüftungsanlagen vorhanden. Auch ist die Statik oft nicht ausreichend, um Solarenergie nutzen zu können. Aus diesen Gründen muss bei der Anpassung an die neue Energiewelt abgewogen werden, ob die Gebäude erhalten werden sollen, was u. a. aus Gründen des Erhalts der in den Gebäuden enthaltenen grauen Energie zu rechtfertigen wäre, oder ob es sinnvoller ist, sie zu entfernen und neue, an die aktuellen Herausforderungen besser angepasste Gebäude zu errichten (vgl. Abb. 2).

Ähnliche Fragestellungen ergeben sich bei der Betrachtung der Energieinfrastrukturen. Viele Leitungen des Stromverteilnetzes sind zu gering dimensioniert, um Stromangebotsspitzen aus den PV-Anlagen auf und an den Gebäuden, aber auch die Stromnach-



Abb. 2: Neubau der *Copenhagen International School* (CIS) in Kopenhagen mit integriertem Solarzellensystem in der Fassadengestaltung (Foto: © V. Stelzer)

fragespitzen für das Beladen der privaten und gewerblichen Elektrofahrzeuge sicher transportieren zu können. Auch fehlt häufig der Platz für Quartierenergiezentralen für das lokale Energiemanagement. Eine weitere Aufgabe besteht darin, vorhandene Fernwärmesysteme auf regenerative Energiequellen umzustellen, zumal das Netz ja nicht auf den Einbezug dieser Quellen konzipiert wurde. Hier sind umfangreiche und im Detail anspruchsvolle Umplanungen notwendig. Darüber hinaus bestehen in vielen Städten Erdgasnetze. Hier ist zu prüfen, wo es in Zukunft noch Sinn macht, Gas als Endenergiequelle einzusetzen. Wo dies mit ja beantwortet wird ist zu prüfen, welche Gase oder Flüssigkeiten in Zukunft sinnvollerweise genutzt werden sollen (grüner Wasserstoff, grünes Methan, grünes Ethanol). Entsprechend ist eine Umrüstung der Gasnetze für diese Stoffe anzugehen. Im Fall einer negativen Beurteilung wird der Rückbau oder die Umnutzung (z. B. für Glasfaser oder Stromleitungen) der Gasnetze notwendig sein.

Städte in Asien und Afrika

In Asien und Afrika findet in Zukunft der Großteil der Zunahme der Urbanisierung statt. Dies bedeutet, dass hier auch die bestehenden Städte auf die neuen Anforderungen hin umgebaut werden müssen, ähnlich den Städten Europas, allerdings wird ergänzend Wohn- und Lebensraum für Millionen von Menschen neu geschaffen werden müssen. Die Chance ist hier, dass die Gebäude und Infrastrukturen gleich so gebaut werden, dass sie den Anforderungen der neuen Energiewelt entsprechen (vgl. Abb. 3).

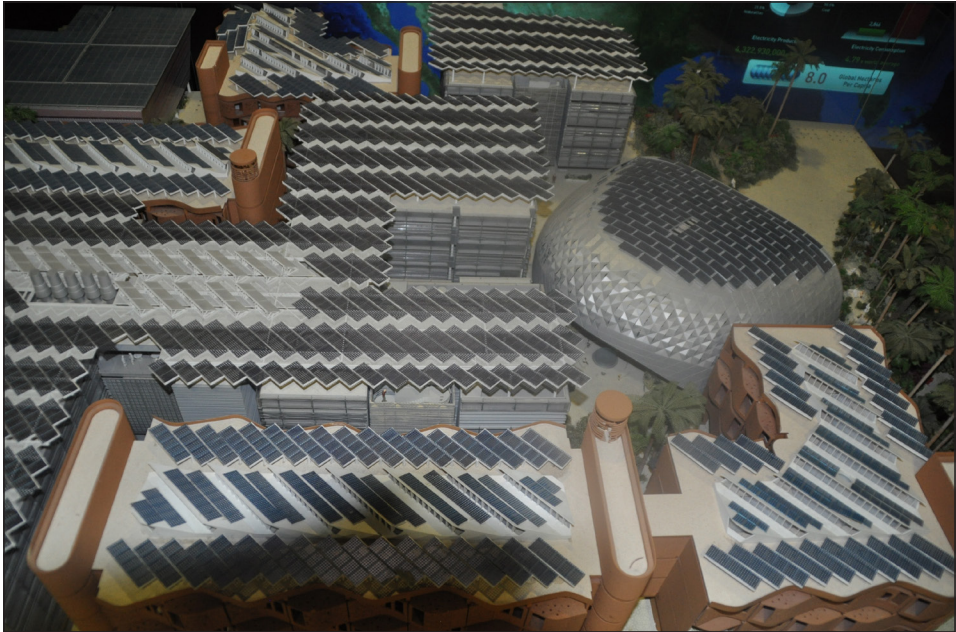


Abb. 3: Modell der Stadtanlage von Masdar City in Abu Dhabi, mit Solaranlagen auf den Dächern
(Foto: © V. Stelzer)

Dies bedeutet z. B. sehr energiesparende Gebäudehüllen, also solche, in denen die Gewinnung von Energie (PV und Solarthermie) von vorneherein integriert und in denen eine technische Ausstattung mit Energiegewinnungs- (z. B. Wärmepumpen), Energiespeicherungs- (Wärmespeicher, Stromspeicher) und Energieleitungsanlagen (Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung sowie Energiemanagementsystemen) vorhanden ist. Darüber hinaus können die notwendigen Infrastrukturen (wie z. B. Wärmetauscher im Abwassersystem oder Quartierenergiezentralen) installiert werden.

Städte in Lateinamerika

Lateinamerika liegt in Bezug auf die Urbanisierung zwischen Europa und Asien/Afrika. Auf der einen Seite lebt schon heute der Großteil der Menschen in Städten, auf der anderen Seite sind viele dieser Städte in einer äußerst einfachen und wenig dauerhaften Bauweise errichtet (Favelas, Pueblos Jóvenes, Barrios; Abb. 4). Hier sind die städtischen Siedlungsräume stärker definiert als in Asien/Afrika, allerdings ist damit zu rechnen, dass in Zukunft ein Umbau auf einem Großteil der Fläche erfolgen wird. Im Zuge dieser Umbauprozesse wird darauf zu achten sein, dass nicht nach den Rahmenbedingungen der alten Energiewelt gebaut wird „wie schon immer gebaut wurde“, sondern dass gleich die Anforderungen der neuen Energiewelt Berücksichtigung finden.



Abb. 4: Beispiel eines *Pueblo Joven* in Lima (Peru), wo fließend Wasser, Strom und tägliche Nahrung nicht selbstverständlich sind (Foto: © V. Stelzer)

Fazit

Die zukünftige sichere Energieversorgung von Städten ist eine immense Aufgabe. Während sie in Europa und Nordamerika vor allem darin besteht, die existierenden Gebäude und Infrastrukturen von der alten in die neue Energiewelt zu überführen, kann in Asien und Afrika vielfach gleich so gebaut werden, dass die Städte den Anforderungen der neuen Energiewelt entsprechen. In Lateinamerika ist beim Umbau darauf zu achten, dass die neuen Systeme gleich mit angelegt werden.

Literaturhinweis

STELZER, V. (2021): Transformation von Städten durch die Energiewende. In: *Transforming Cities 2*, S. 58-63.

Autor

Dr. Volker Stelzer
Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
E-Mail: volker.stelzer@kit.edu